VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Некоторые замечания по поводу оценки возраста органических остатков с помощью радиоуглеродного метода

А. Попов

Одной из проблем, стоящих перед сторонниками библейского сотворения, произошедшего относительно недавно (6-8 тыс. лет назад), являются оценки возраста органических остатков, произведенные с помощью радиоуглеродного метода датирования и заведомо превышающие возраст жизни на Земле, о котором говорит Библия. В настоящее время существуют оценки возраста некоторых образцов, составляющие 50-60 тыс. лет, что является практически предельным значением для этого метода и превышает библейский возраст жизни на Земле в 6-10 раз. Это расхождение оценок возраста требует своего объяснения сторонниками библейского креационизма. В данной работе приводится качественное описание одного из возможных объяснений этому расхождению. Материал статьи, с одной стороны, требует от читателя определенной математической подготовки (знание основ дифференциального счисления), но, с другой стороны, не претендует на полноту изложения методики радиоуглеродного датирования, ограничиваясь лишь «нулевым приближением», не учитывающим различных поправок, применяемых в этой методике. Но, несмотря на это, статья дает качественное представление о том, что может послужить причиной для существенного завышения «радиоуглеродного возраста» в классическом методе датирования.

1. Основное допущение метода – равновесное состояние по $^{14}\mathrm{C}$

Одним из основных допущений метода радиометрического датирования с помощью радиоактивного углерода-14 (далее $^{14}\mathrm{C}$) является предположение, что равновесное состояние для отношения $^{14}\mathrm{C}/^{12}\mathrm{C}$ давно установилось и его можно не принимать во внимание при расчетах, что все возможные значения возраста, полученные с помощью этого метода, заведомо лежат в рамках временного периода с уже установившимся равновесным состоянием. Разумеется, если считать, что биосфера Земли существует уже сотни миллионов лет, предположение о равновесии ($^{14}\mathrm{C}/^{12}\mathrm{C} = \mathrm{const.}$) на протяжении последних ~50000 лет выглядит вполне разумно. Но что произойдет с оценками возраста, если биосфера Земли, в её современном виде, образовалась только после библейского Всемирного потопа, примерно 5000 лет назад? В этом случае гипотеза о равновесном состоянии на протяжении всего «радиоуглеродного времени» (максимальный возраст, который может быть определен с помощью радиоуглеродного метода, ~60000 лет) уже неприменима и возраст органических остатков, измеренный «классическим» способом (в предположении о давно установившемся равновесии) может сильно отличаться от реального возраста этих остатков.

Рассмотрим вопрос о том, за какое время устанавливается равновесие $^{14}\mathrm{C}/^{12}\mathrm{C}$ в биосфере Земли. Радиоактивный изотоп $^{14}\mathrm{C}$ образуется в результате взаимодействия вторичных нейтронов от космических лучей с ядрами атомов азота [1]. Предположим, что поток таких нейтронов в среднем равен j, а их сечение взаимодействия с ядрами атомов азота равно σ. Тогда в единице объема воздуха в единицу времени образуется в среднем $j\sigma n_n$ атомов $^{14}\mathrm{C}$, где n_n – концентрация атомов азота. В то же самое время, в результате радиоактивного распада распадается в среднем $\lambda_c n_c$ атомов радиоактивного углерода, где λ_c – константа распада $^{14}\mathrm{C}$, а n_c – концентрация атомов $^{14}\mathrm{C}$

(зависит от времени). Поскольку азот составляет более 70% от общего состава воздуха, его концентрацию можно считать постоянной ($n_n = const.$), несмотря на его превращение в ^{14}C. Кстати, ^{14}C распадается обратно в азот (^{14}N) в результате β - распада ($n \to p + e^- + \tilde{\nu}$), так что предположение о постоянстве n_n еще более справедливо. Обозначив за $\lambda \equiv j\sigma$, мы можем записать для скорости изменения n_c:

$$\frac{dn_c}{dt} = \lambda n_n - \lambda_c n_c. \qquad (1)$$

Решим это уравнение относительно $n_c(t)$. Введем обозначение $x = \lambda_c n_c - \lambda n_n$. Тогда справедливы соотношения $\frac{dx}{dt} = \lambda_c \frac{dn_c}{dt}, \frac{dn_c}{dt} = \frac{1}{\lambda_c}\frac{dx}{dt}$ и выражение (1) запишется в виде:

$$\frac{dx}{dt} = -\lambda_c x. \qquad (2)$$

Решением уравнения (2) будет функция:

$$x(t) = x_0 \cdot e^{-\lambda_c t},\ x_0 = x(t = 0). \qquad (3)$$

Если первоначальная (на момент $t = 0$) концентрация ^{14}C была n_{0c}, то $x_0 = \lambda_c n_{0c} - \lambda n_n$, а $x(t) = \lambda_c n_c(t) - \lambda n_n$. Выражая отсюда $n_c(t)$ с помощью функции (3) получим:

$$n_c(t) = \frac{\lambda n_n}{\lambda_c} + \left(n_{0c} - \frac{\lambda n_n}{\lambda_c}\right) \cdot e^{-\lambda_c t}. \qquad (4)$$

Из выражения (4) видно, что при $t \to \infty$ концентрация $n_c(t)$ стремится к равновесному состоянию $n_{ec} = \frac{\lambda n_n}{\lambda_c}$. Для наглядности перепишем выражение (4), введя следующие обозначения: $\tau_c = 1/\lambda_c$ – среднее время жизни атома ^{14}C, обуславливаемое его радиационным распадом ($\tau_c = \frac{T_c^{1/2}}{\ln 2}$, где $T_c^{1/2}$ – период полураспада ^{14}C, равный 5715 ± 30 лет, соответственно $\tau_c = 8245$ лет [2]); $W = n_{ec}/n_{cc}$, n_{cc} – концентрация атомов ^{12}C, т.е. W – отношение $^{14}C/^{12}C$ в состоянии равновесия; $n_{0c}/n_{cc} \equiv a \cdot W$, т.е. a – процентное соотношение $^{14}C/^{12}C$ на момент $t = 0$ по отношению к W; $\Omega(t) = n_c(t)/n_{cc}$ – отношение $^{14}C/^{12}C$ в текущий момент времени t. Тогда, поделив (4) на n_{cc} и используя введенные выше обозначения, мы можем окончательно записать:

$$\Omega(t) = W + (a \cdot W - W) \cdot e^{-t/\tau_c} = W \cdot \left[1 - (1 - a) \cdot e^{-t/\tau_c}\right]. \qquad (5)$$

Напомню, что это выражение описывает изменение со временем отношения концентраций $^{14}C/^{12}C$ в биосфере Земли для случая, когда значение этого отношения в равновесии равно W, а в момент $t = 0$ его отношение к равновесному было равно a, при среднем времени жизни атома ^{14}C, равном τ_c.

Процесс установления равновесия графически представлен на Рис. 1. На нем показано, как с течением времени растет отношение $^{14}C/^{12}C = \Omega(t)$, начиная с начального значения (в момент $t = 0$), равного $^{14}C/^{12}C = a \cdot W$, и заканчивая равновесным состоянием $^{14}C/^{12}C = W$.

Как хорошо видно из Рис. 1, равновесие практически полностью достигается за время 3 - 5 τ (более точно, оно достигается на 95% за время 3 τ, и на 99% за время 4.6 τ). Если считать, что убыль радиоактивного ^{14}C в биосфере Земли идет только за счет его радиационного распада, то время установления равновесия составляет, соответственно ($\tau = 8245$ лет), 25000 – 40000 лет, что существенно больше времени, предположительно прошедшего с момента Всемирного потопа.

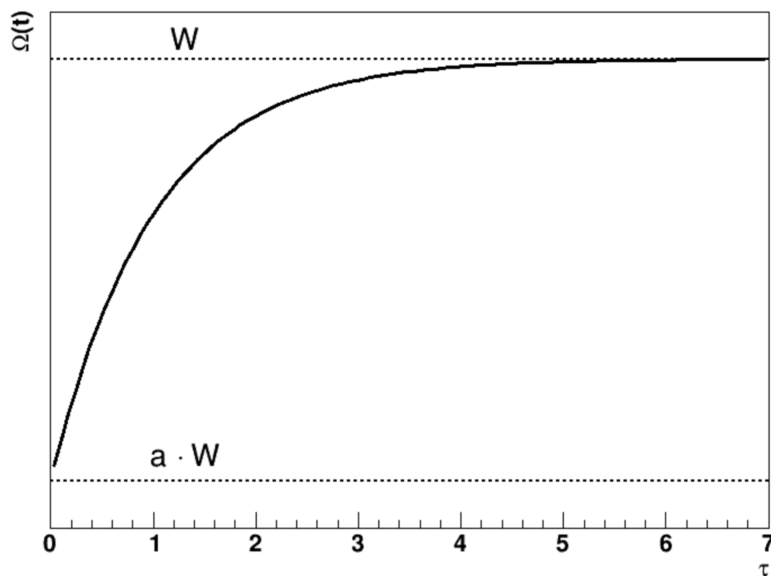


Рис. 1: Иллюстрация процесса достижения равновесного состояния W (см. выражение (5)). По оси абсцисс отложено время в единицах τ (среднего времени жизни); по оси ординат – величина $\Omega(t)$. Также горизонтальными пунктирными линиями обозначены величины W (Ω в равновесном состоянии) и $a{\cdot}W$ (начальное значение Ω).

На самом деле основная убыль радиоактивного ^{14}C в биосфере Земли происходит не за счет его радиационного распада, а за счет поглощения его земными океанами. Как показывают последние исследования, среднее время жизни для атомов ^{14}C в биосфере Земли составляет всего $\tau = 375$ лет [3,4], а равновесие, соответственно, устанавливается за время 1100 – 2000 лет и за время, прошедшее после Всемирного потопа, равновесие уже должно было установиться.

2. Оценка возраста ископаемых остатков в двух предположениях: наличие или отсутствие радиационного равновесия в момент смерти живого существа

Но остается еще один вопрос: в «классическом» методе оценки возраста предполагается, что равновесие для $^{14}C/^{12}C$ уже установилось к моменту смерти живого существа. Но, если мы принимаем библейскую модель, то нам надо принять во внимание тот факт, что для живых существ, умерших в течение 1100 – 2000 лет после Потопа (когда равновесие еще не установилось), предположение «классического» метода оценки не верно. Как это скажется на оценке возраста ископаемых остатков?

В этом случае нам надо учитывать два отрезка времени: время от момента $t = 0$ до момента смерти живого организма, обозначим этот временной отрезок через T_d , и время от момента $t = 0$ до момента измерения T_c (обычно этот момент привязывают к концу эпохи, в течение которой воздействие человека на содержание ^{14}C в атмосфере было минимальным). Очевидно, что искомое нами время от момента смерти живого существа до момента измерения равно $t = T_c - T_d$ и $T_d = T_c - t$. Также важно отметить, что теперь у нас появляются два средних времени жизни вместо одного: τ_b отвечает за процесс установления равновесия между ^{14}C и ^{12}C в биосфере Земли (а этот процесс, как мы уже отмечали выше, происходит не за счет радиоактивного распада, а за

счет поглощения ^{14}C в океанах), а τ_c – за изменение отношения $\frac{^{14}C}{^{12}C}$ в датируемой окаменелости, происходящее за счет радиоактивного распада. Введем также величину t_R – возраст окаменелости, полученный «классическим» образом (не принимающим во внимание времени установления равновесия между ^{14}C и ^{12}C в биосфере). Тогда мы можем записать следующие выражения:

$$\Omega = W \cdot e^{-t_R/\tau_c} \qquad (6)$$

(это в классической интерпретации, не принимающей во внимание времени установления равновесия между ^{14}C и ^{12}C в биосфере). Если же принять во внимание процесс установления равновесия, мы получим несколько другое выражение, следующее из выражения (5):

$$\Omega = W \cdot \left[1 - (1 - a)e^{-\frac{T_d}{\tau_b}}\right] \cdot e^{-t/\tau_c} \qquad (7)$$

В этом выражении множитель в квадратных скобках описывает установление равновесия в биосфере на момент смерти живого существа. Важно также отметить, что в выражениях (6) и (7), в отличие от выражения (5), описывается процесс изменения Ω в тканях живого организма после его смерти, а не в биосфере Земли. Приравнивая (6) и (7), мы можем выразить t_R через t:

$$t_R = t - \tau_c \cdot \ln\left[1 - (1 - a)e^{-\frac{T_d}{\tau_b}}\right], \text{ где } T_d = T_c - t. \qquad (8)$$

Если предположить, что $a = 0.01$ (1%), $\tau_b = 375$ лет, $\tau_c = 8245$ лет, $T_c = 5350$ лет (дата Всемирного потопа, рассчитанная по Септуагинте) [5], то можно составить следующую таблицу соотношения между t_R и t:

Таблица 1: Пересчет оценок возраста между «классическим» и «креационистским» подходами к вопросу установления равновесия $^{14}C/^{12}C$ (детали в тексте)

t_R (классический), лет	t (креационистский), лет
500	500
1000	1000
1500	1500
2001	2000
3016	3000
3559	3500
4226	4000
5393	4500
9066	5000
10953	5100
14183	5200
16957	5250
21898	5300
43320	5350

Из таблицы хорошо видно, что оба подхода дают почти одинаковые оценки возраста, если этот возраст не превышает ~3500-4000 лет, то есть в том случае, когда равновесное состояние на момент смерти живого существа уже установилось в обоих подходах. Но если это живое существо умерло в течение ~2000 лет после Всемирного потопа, еще в процессе достижения равновесного состояния,

«классический» метод дает завышенные оценки для его возраста, причем, чем больше t_R, тем больше соответствующее расхождение.

Хотелось бы сразу отметить, что в этой статье представлено очень упрощенное описание метода, не учитывающее многих его тонкостей и, соответственно, полученные числа надо воспринимать как весьма приблизительные. Но, с другой стороны, общая тенденция завышения «радиоуглеродного» возраста по причине того, что процесс установления равновесного состояния Ω не принимается во внимание в «классическом» методе, остается верной и Таблица 1, при всей приблизительности приведенных в ней чисел, дает правильное представление о том, насколько большим может быть это завышение «радиоуглеродного возраста».

Литература

1. Вагнер Г. А., «*Научные методы датирования в геологии, археологии и истории*», Москва, Техносфера, 2006.
2. D. R. Lide, and H. P. R. Frederikse, *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 75th ed., 1994, p. 11-36.
3. V. Hesshalmer, M. Helmann, and I. Levin, “*Radiocarbon Evidence for a Smaller Ocean Carbon Dioxide Sink Than Previously Believed*”, *Nature* 370, 1994, p. 201-203.
4. P. B. Duffy *et al.*, “*The Global Budget of Bomb Radiocarbon*”, *EOS Transactions of the American Geophysical Union* 76(46):F83, Abstract A21E-2, 1995.
5. H. G. Coffin, R. H. Brown, and R. J. Gibson, “*Origin by Design*” *Rev. Ed.*, Review and Herald Publishing Association, 2005, p. 360-361.